

Cardinalidad e infinito en el tiempo newtoniano. Apuntes para el eterno retorno

Enric Puig Punyet

Universitat Autònoma de Barcelona
Departamento de Filosofía

Reception date / Fecha de recepción: 22-03-2009
Acceptation date / Fecha de aceptación: 06-05-2009

Abstract. *Cardinality and infinity in Newtonian time. Notes for the eternal return.*

The idea of an absolute and linear time, from which contemporary physics, introducing the concept of cosmic time, is not able to become completely detached, presents serious problems if it is analysed in the light of the Cantor theory. These problems point to the direction of the Nietzschean conception that Poincaré will reinterpret, in a physic style, just nine years after. Collating this idea of absolute time with space, the result places on the crossroads of, paradoxically, having to accept time as circular if there is no presumption to reject his absolute nature.

Keywords: Time, Infinite, Eternal return, Cantor.

Resumen

La idea de un tiempo absoluto y lineal, de la que la física contemporánea, al introducir el concepto de tiempo cósmico, no logra desprenderse completamente, presenta graves complicaciones si se analiza a la luz de la teoría de Cantor, y éstas apuntan a la concepción nietzscheana que Poincaré reinterpretaría, en clave física, sólo nueve años más tarde. Al cotejar esta idea de tiempo absoluto con el espacio, el resultado se encuentra en la encrucijada de, paradójicamente, deber aceptar el tiempo como circular si no se quiere desechar su carácter absoluto.

Palabras clave: Tiempo, Infinito, Eterno retorno, Cantor.

1. Introducción.

En 1715, Leibniz escribió a Carolina de Ansbach para advertirle de los peligros que la filosofía de Newton suponía para la religión natural (Alexander 1956, pp. 11-12). En medio de la controversia que surgió a partir de esta carta con el científico newtoniano Samuel Clarke, hay una cuestión que sigue teniendo relevancia, ya que incide directamente en la percepción que el sujeto tiene del mundo y del tiempo. Esta cuestión es la que se pregunta

sobre sí, dado un marco newtoniano de espacio y tiempo absolutos, nuestra realidad tiene alguna razón de ser aquí y ahora precisamente.

Si trasladáramos esta discusión al panorama actual, una de las presunciones fundamentales de Leibniz, el principio de razón suficiente, debería formularse en términos hermenéuticos. Y, a su vez, la respuesta de Clarke, basada en las premisas fundamentales de la mecánica newtoniana (Ibid., pp. 12-14), debería tener en cuenta la partición de la materia en subpartículas atómicas, el teorema de Cantor sobre el conjunto potencia respecto al marco absoluto en el que se inscribe la física de Newton, y la consecuencia nietzscheana a partir de la que debería plantearse el ataque de Leibniz: el eterno retorno.

El ejercicio que se propone a continuación —y que debe entenderse precisamente así: como un ejercicio— es el de intentar reformular una de las cuestiones fundamentales de la disputa entre Leibniz y Clarke a la luz de las posteriores aportaciones a partir de la determinación de la cardinalidad del tiempo newtoniano, que es absoluto, lineal e infinito. Y este ejercicio, que se pregunta por qué ha sido siempre tan importante la noción de infinitud para los físicos cuando, en realidad, sus objetivos siempre han consistido en la medición del espacio y el tiempo finitos, debería englobarse en un tratamiento mayor —y más global— sobre las justificaciones reales de los científicos para la adopción de un tiempo lineal y absoluto que, por supuesto, se encuentra muy alejado del que incide en la percepción del sujeto.

2. Refutación leibniziana de las bases de los *Principia*.

En su intento epistemológico por definir el marco en el que debía moverse su mecánica, Newton dogmatizó en el esolio de las definiciones de los *Principia* aquellas que, según él, “son palabras conocidísimas para todos” (Newton 1982, p. 228), es decir, el tiempo, el espacio, el lugar y el movimiento. Más que conocida es, por lo tanto, su afirmación de que “el tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza sin relación a nada externo, fluye uniformemente, y se dice con otro nombre duración” (Ibid., p. 228). Éste, contrariamente al tiempo relativo, “aparente y vulgar” (Ibid., p. 228), ejercía en su propio contexto de marco de referencia absoluto y, por lo tanto, duraba eternamente. De manera similar, y expuesto a partir de la definición de tiempo que ya se ha ofrecido, “cada partícula del espacio es siempre” (Ibid., p. 815) o, dicho de otra forma, “el espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo [excepto al tiempo, ya que su definición parte de él], permanece siempre similar e inmóvil” (Ibid., 229).

Sin embargo, según el parecer de Leibniz, quien intentaba defender la idea de que “la religión natural parec[ía] decaer mucho en Inglaterra” (Alexander 1956, p. 11), y concretamente en los entornos newtonianos, para salvar la metafísica debía diferir con Newton respecto al estatus ontológico que le otorgaba al espacio y el tiempo. Así, Leibniz, en su segunda carta a Clarke, con quien discutiría abiertamente sobre las ideas de Newton,

expresó lo siguiente (Ibid., pp. 15-20): supongamos que existe el espacio absoluto —lo que, como ya se ya mostrado, significa entenderlo como infinito— y que es como lo describió Newton, con cada punto del espacio idéntico al otro. Ahora consideremos el dilema que tuvo Dios cuando creó el mundo. Dado que todos los puntos (lugares) en el espacio absoluto son idénticos, Dios debería haberse enfrentado a una elección imposible. ¿Dónde debía situar la materia?

Por otro lado, el tiempo absoluto, suponiendo que existe, presenta la misma dificultad. Newton afirmó que todos los instantes son idénticos. Entonces, ¿qué razón tuvo Dios para decidir crear el mundo en un instante concreto en lugar de en otro? De nuevo, le faltaría una razón suficiente. Por motivos como éste, Leibniz argumentó que el espacio y el tiempo absolutos no deberían existir. Y esta afirmación, evidentemente, derribaría por completo —desde un punto de vista estrictamente ontológico— el edificio epistemológico newtoniano, fundado sobre unas premisas fundamentales (dogmáticas), y por ello susceptible a ser desmontado ante la no adopción de éstas.

3. Acercamiento hermenéutico a la objeción de Leibniz.

Respecto a la postura de Leibniz, parece que en la actualidad tal ataque está a salvo por la concepción ontológica vigente. Si suponemos, como suele hacerse en la física contemporánea, que la organización del Universo no es en absoluto racional, sino esencialmente aleatoria, por simple lógica debemos eliminar de la exposición de Leibniz la necesidad de un ser superior y racionalmente perfecto que encuentre la cabida exacta en el espacio y el tiempo del mundo. Debemos eliminar la causa, la razón suficiente o el porqué.

Sin embargo, si nos ajustamos a estos parámetros, aparece otra cuestión a tener en cuenta, de carácter más hermenéutico. Con el cambio de centro de interés, a partir del Renacimiento, respecto a una observación cuidadosa del mundo, se trazó un camino que inevitablemente, tarde o temprano, conduciría al denominado giro copernicano —y posteriormente, siguiendo el hilo, al giro lingüístico— cuando el observador se colocara ante un espejo. Partícipes a este paradigma, desde Kant hasta Blumenberg, no podemos olvidar que la cuestión de la interpretación vuelve a situar el mundo en un terreno privilegiado, que es el del sujeto en tanto que *re-cogito*, y en este sentido vuelve a tener vigencia la respuesta de Leibniz a Clarke por lo que se expone a continuación.

En efecto, se torna evidente que el mundo no es el mismo para Hawking que el que fue para Platón en su *Timeo*, ni el que fue para Ptolomeo en su *Almagesto*, ni siquiera el que fue para Einstein en su primera formulación de la relatividad tras los experimentos de Michelson-Morley. E, incluso en el mismo instante, no comparten el mismo mundo un teórico del Big Bang que un moje budista o un niño de seis años. En este sentido, si se produce el alejamiento de un realismo ingenuo y se adopta la postura que el mundo no debe ser necesariamente como es percibido y concebido, éste responde a las exigencias

del sujeto, en tanto que forma parte de su creación. El mundo del teórico del Big Bang, siguiendo esta línea, responde a su creación exactamente de la misma forma en que el mundo del niño responde a la suya. Como señala Danto, “al pedirles que nombren el primer animal que les venga a la mente, los sujetos es más probable que nombren perros o gatos que canguros o ñus, y las palabras «perro» y «gato» es más probable que aparezcan en textos impresos que «canguro» o «ñu». Al pedirles que nombren la primera propiedad de un perro que se les venga a la mente, las personas es más probable que digan que ladran que carecen de glándulas sudoríparas, como es más probable que identifiquen la leche como blanca que como rica en calcio.

»Las palabras que primero aprende un niño tienen probablemente un grado de abstracción intermedio: el niño es más probable que aprenda «perro» que «animal» (un concepto de orden superior) o que aprenda «gato» antes que «persa». Y, como señala Jerry Fodor, no es sólo que estas palabras tengan una prioridad ontogénica, sino que parecen ser sumamente fáciles de enseñar mediante la ostensión. Es difícil enseñar «animal» o «persa», por ejemplo, pero «gato» se saca de libros ilustrados. Nuestros prototipos definen nuestro mundo, y por lo general es un mundo compartido, sobre la base de la frecuencia y la rapidez de respuesta. El retórico cuenta con que sus oyentes piensen en «figura» cuando él diga «pera» o en «corona» cuando él diga «reina». Y no se trata sólo de pensar en eso, sino de pensar en eso primero y de un modo que parece automático y fuera del control del oyente” (Danto 1998, pp. 91-92).

Y de la misma manera que es más difícil enseñar a un niño lo que significa “animal” o “persa” (grados alto y bajo de abstracción) que lo que significa “gato”, es más difícil explicarle que la Luna es un cuerpo opaco y oscuro que gira alrededor de la Tierra y tiene varias fases, que proporcionarle una narración infantil o mitológica (arquetípica, en última instancia). Y ante este hecho, el mundo del niño es lógicamente coherente con la explicación que se le proporciona de él, y ésta es la premisa fundamental que debe satisfacer el mundo para enmarcarlo en lo que llamamos realidad. Por lo tanto, el mundo en el que participa el sujeto es en este sentido *el mejor de los mundos posibles* para él, ya que es lógicamente coherente con sus premisas, y también, en cierto grado, con sus predicciones.

4. Vigencia del planteamiento de Leibniz en el marco del eterno retorno.

Desde una visión hermenéutica de la realidad, es decir, desde la idea de que la realidad no nos viene dada sino que coincide con nuestra propia interpretación del mundo, el ataque de Leibniz vuelve a tener vigencia, pues, dado un tiempo lineal y absoluto, no hay ninguna razón suficiente por la que el mundo deba ser verdaderamente tal como lo interpretamos. “En su rango más alto, la verdad no se refiere al mundo distinguido con la existencia, sino a la infinitud de mundos posibles. Ésta proporciona el último criterio para las *vérités éternelles*: es necesariamente verdadero lo que vale en cada uno de los mundos

posibles.” (Blumenberg 2000, p. 129) Es decir, no se trata de si el mundo está organizado racionalmente –a la manera de un Dios creador– o no, sino de si lo está el mundo en el que se encuentra el sujeto –que sí está percibido-creado-interpretado por él– en relación con los otros, en un marco intersubjetivo.

Y ante esta solución, provocada por el ataque leibniziano, sólo cabría una respuesta si no se está dispuesto a sacrificar el tiempo, formulada por Nietzsche casi dos siglos más tarde –especialmente en el escrito póstumo, redactado en 1881, *Voluntad de poder y eterno retorno* (Nietzsche 2008).

La formulación moderna de esta respuesta es la siguiente: según Newton, y así lo escribe en los *Principia*, “el tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente, y se dice con otro nombre duración” (Newton 1982, p. 228). Pero, aunque Newton asegure que “cada partícula del espacio es siempre, y que cada momento indivisible de duración es ubicuo” (Ibid., p. 815), el sujeto, como observador, no puede vislumbrar ninguno de sus límites, ya que, según sus propias palabras, “toda alma percibe en diferentes tiempos” (Ibid., p. 815). No puede determinarse, por lo tanto, su magnitud extensiva. Sin embargo, dado que el sujeto aprecia la continuidad del tiempo en términos absolutos, sí se puede hablar de su cardinalidad intensiva.

Cabe notar aquí, a modo de paréntesis, que la distinción propuesta entre extensión e intensión se toma del uso que los escolásticos establecieron como modos de hablar de *infinitum* e *infinita* sin caer en la idea de una infinitud completa que, según su opinión, era únicamente un atributo de la totalidad divina. Aunque en un contexto completamente distinto, debe entenderse la magnitud intensiva como ésa que aproxima a la perfección, es decir, a la continuidad; y la magnitud extensiva como ésa que se expande hacia los lados: es decir, así como la extensión hace referencia a si una magnitud dada carece o no de límites externos, la intensión se refiere más bien a su misma naturaleza, a si ésta, en su interior, es cuantificable o, de lo contrario, es continua.

5. Cardinalidad e infinito en el tiempo newtoniano.

Si se aplica a esta premisa el teorema de Cantor sobre el conjunto potencia, puede repensarse la cardinalidad del tiempo de la siguiente forma (Cantor 2006, pp. 85-135): respecto al tiempo T , infinito y lineal, tomemos un segmento de él, digamos todo el transcurso de ayer. Si las doce de la noche de ayer es el punto inicial de nuestro segmento (S_0), y las doce de la noche de hoy es el punto final (S_1), podemos afirmar que cualquier intervalo temporal que se encuentre en el interior de este segmento ($A - B$), es decir, de ayer, satisfará necesariamente la propiedad de poseer un punto tal (p) que el punto inicial de este intervalo sea menor que él y el punto final sea mayor que él ($A < p < B$). Es decir, afirmamos que, en el transcurso de ayer, tomemos el fragmento de tiempo que tomemos, necesariamente podemos encontrar

un instante en el interior de este fragmento. De esto se deduce que cualquier segmento de tiempo, como “ayer”, se comporta como cualquier segmento elegido de los números reales \mathbb{R} (y no como uno de los naturales \mathbb{N} o los racionales \mathbb{Q}).

Por lo tanto, sea cierta o no la hipótesis del continuo, queda claro que la cardinalidad de cualquier segmento tomado de tiempo es la misma que la de los números reales, es decir, que cualquier segmento de tiempo tiene la potencia del continuo. Y, en tanto que cualquier conjunto de los números reales comparte la misma cardinalidad que el conjunto entero de los números reales, y dado que el segmento de tiempo que hemos tomado, es decir, ayer, es por definición un subconjunto del tiempo (absoluto e infinito), deducimos que el conjunto del tiempo tiene la potencia del continuo “c”.

$$\text{card}(t_0, t_n) = c$$

El tiempo T, por lo tanto, es intensivamente infinito si lo tomamos como absoluto (que es precisamente lo que afirma Newton) y continuo (que es lo que podemos apreciar a partir de la formulación aquí propuesta).

$$\text{card } T = c$$

Respecto a la materia en el espacio absoluto e infinito, sin embargo, podemos afirmar que ésta se comporta de manera diferente, ya que viene determinada por el número de elementos que componen toda la materia en el espacio. Y, aunque se puede afirmar que se pueden romper las subpartículas más pequeñas conocidas hasta ahora para llegar a lo infinitesimal, esta rotura siempre presupondría un esfuerzo suplementario y, por lo tanto, una modificación del estado natural en el que se mueven las partículas en el espacio. Además, presupondría la necesidad de la espera a que se produjera una partición posterior y esto invalidaría la premisa del espacio y el tiempo absoluto que escribe Newton en sus *Principia*, según la cual “cada partícula del espacio es siempre”. En 1950, los quarks no eran; en 1970, los preones no eran. Y si debemos esperar a que se partan las partículas subatómicas indefinidamente, esas particiones lo serán de una manera artificial y fijarán, en un momento determinado, una discontinuidad entre las subpartículas, por pequeña que sea. Por lo tanto, en ningún caso la materia que habita en el espacio podrá tener la cardinalidad del tiempo, es decir, que nunca podrá tener la potencia del continuo.

Aquí debería añadirse que la sustitución de “espacio” (en un marco newtoniano) por “materia” (en el marco que ahora nos ocupa) es plenamente consciente y justificada: “La cosmología moderna considera que los objetos materiales y el espacio, conjuntamente, constituyen el universo. El universo es el espacio y la materia. Por lo tanto, espacio se equipara a la materia en que posee categoría física, propiedades y estructura” (Davies 1982, p. 13). Por lo tanto, en un marco contemporáneo aparece como necesaria la pregunta sobre la cardinalidad de la materia si se analiza la naturaleza del espacio.

En este caso, la cardinalidad de la materia (y del espacio) se mueve entre dos posibilidades: la primera es que si el espacio es extensivamente finito, la cardinalidad de la materia será un número finito, por grande que sea.

$$\text{card } E = m$$

Y la segunda es que si el espacio es extensivamente infinito, dado que la materia que lo habita nunca podrá tener la potencia del continuo, su cardinalidad será alef-0, es decir, la misma que la de los números naturales, aunque no la de los reales.

$$\text{card } E = \aleph_0$$

Por lo tanto, en el mejor de los casos para Newton —el segundo, según el cual el espacio es extensivamente infinito—, la materia ordenada (o desordenada) en el espacio tendría una potencia inferior a la del tiempo, es decir, que sus cardinalidades serían números transfinitos de orden diferente. Mientras que la materia sería un conjunto numerable, el tiempo sería un conjunto continuo y, por lo tanto, sería imposible emparejar los dos. Y sucedería lo mismo, evidentemente, si el espacio fuera extensivamente finito.

6. Eterno retorno. Nietzsche y Poincaré.

Nietzsche escribe: “La magnitud de la fuerza universal [y aquí debemos leer “la materia” o, lo que es equivalente, “su variación o cambio”] está determinada, no es nada infinito. En consecuencia, el número de situaciones, cambios, combinaciones y desarrollos de esta fuerza es, sin duda, inmensamente grande y a la vez prácticamente incommensurable, pero, en todo caso, determinado y no infinito. Pero el tiempo, en el que el universo ejerce su fuerza, ciertamente es infinito, *id est*, la fuerza es eternamente igual y eternamente activa.” (Nietzsche 2008, pp. 789 y ss.). Es decir, afirma, como Newton, que “cada partícula del espacio es siempre” (Newton 1982, p. 815). “Hasta este instante —sigue Nietzsche— ha transcurrido ya una eternidad, *id est*, todos los desarrollos posibles tienen que haber existido ya. Por lo tanto, el desarrollo presente tiene que ser una repetición y así también en el que lo engendró y el que surge de él, y así sucesivamente hacia adelante y hacia atrás. Todo ha existido innumerables veces en la medida en que la situación total de todas las fuerzas retorna siempre.” (Nietzsche 2008, pp. 789 y ss.)

La respuesta, por lo tanto, de Nietzsche a la falta de razón suficiente por la que debería darse este mundo, el que interpretamos, y no otro, es que, precisamente, se dan todos los mundos imaginables, y una infinidad de veces, pues el tiempo tiene la potencia del continuo.

En la disputa que imaginariamente hemos trasladado a nuestra época, o a nuestra interpretación del mundo, se seguiría, en consecuencia, que si el tiempo existe y es absoluto —y, por lo tanto, infinito—, entonces deberá ser continuo y, por lo tanto, de una cardinalidad

superior a la materia, que nunca podrá ser continua por su propia definición. Entonces, el tiempo deberá ser circular.

Puede tomarse aquí como referencia el teorema general de Poincaré, referente a sistemas mecánicos aislados que obedecen a leyes reversibles de la mecánica, que establecía que un sistema de dicha clase “retornará un número infinito de veces, y con gran aproximación, a cualquier estado dado. De este teorema se infiere que si una caja de gas aislada se halla inicialmente en un estado de baja entropía, a la larga retornará a un estado semejante al original. Y no hay forma de que el sistema pueda volver a un estado de baja entropía sin contradecir el teorema H de Boltzmann” (Davies 1982, p. 135). Ahora bien, tal como se le refutó el teorema, surge un problema cuando se traspasa el carácter estrictamente ontológico y se pretende entrar en un terreno más fáctico, pues se entiende que debería esperarse un tiempo extraordinariamente largo para que se diera cualquier clase de repetición. Según se argumenta, “el llamado tiempo de recurrencia de Poincaré quizá sea la más larga de todas las escalas de tiempo relevantes que puedan ser concebidas. Por lo bajo, puede estimarse en 10^N , donde N es el número de partículas que componen el sistema. Para un ser humano y su entorno inmediato N es tal vez de unos 1026 átomos. [...] Importa poco que 10^{1026} sea expresado en segundos o en edades del universo” (Davies 1982, p. 136).

Sin embargo, si nos atenemos a la idea de la continuidad del tiempo, es decir, la idea argumentada más arriba según la cual el tiempo tiene la potencia del continuo, no “importa poco que 10^{1026} sea expresado en segundos o en edades del universo”, sino que es de vital importancia: 10^{1026} nanosegundos es del orden de 10^{1010} años, y es cierto que no hay una gran diferencia de magnitud ante tan elevada cifra; sin embargo, el hecho de que el tiempo tenga la potencia del continuo nos permitiría establecer una medida de tiempo (que podríamos denominar transfinitesigundo y que, evidentemente, sería todavía susceptible de una ulterior partición) que fuera de 10^{-1026} segundos, con lo que encontraríamos que el tiempo necesario para que se diera la recurrencia de Poincaré sería exactamente de un segundo.

7. Traslación a la física relativista.

Cabe decir aquí, como nota final, que si trasladamos esta discusión al terreno actual deberíamos trasladar también la noción de tiempo y traducirla en términos relativistas. En un mundo relativista, que es el nuestro, simplemente no existe nada equivalente al “estado presente del universo entero” (Yourgrau 2007, p. 159), ya que la materia en movimiento determina la forma del espacio-tiempo. Sin embargo, surge la posibilidad de que algunos marcos de referencia puedan ser privilegiados, a saber, aquellos que siguen el movimiento medio de la materia en el universo. El tiempo relativo a estos marcos de referencia es el que denominamos “tiempo cósmico” (Davies 1982, p. 279), y esto amplía la posibilidad de que el sentido newtoniano del tiempo absoluto pueda, después de todo, ser consistente

con la relatividad, aunque sea a nivel cósmico. Como escribió James Jeans, con la teoría de la relatividad general y el tiempo cósmico, “el tiempo recobró una existencia objetiva real, aunque sólo en la escala astronómica. [...] Tenemos] toda justificación para volver a nuestra vieja creencia intuitiva de que el pasado, el presente y el futuro tienen un significado objetivo real” (Yourgrau 2007, p. 161). Pero lo que se le respondería a partir de la disputa contemporánea entre Leibniz y Clarke es que si aceptamos este significado objetivo real del tiempo irreversible, es decir, si queremos salvar nuestra idea originaria del tiempo, entonces, en un plano ontológico, el tiempo deberá ser circular, y la materia deberá oscilar en él una y otra vez, eternamente.

Bibliografia

- Alexander, H. G. (ed.) (1956). *The Leibniz-Clarke correspondence*. Manchester: Manchester University Press.
- Blumenberg, H. (2003). *Paradigmas para una metaforología*. Madrid: Trotta.
- Blumenberg, H. (2000). *La legibilidad del mundo*. Barcelona: Paidós.
- Borges, J. L. (1997). *Historia de la eternidad*. Madrid: Alianza.
- Cantor, G. (2006). *Fundamentos para una teoría general de conjuntos*. Barcelona: Crítica.
- Danto, A. C. (1998). *Beyond the Brillo Box: The Visual Arts in Post-Historical Perspective*. Berkeley: University of California Press.
- Davies, P. C. W. (1982). *El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Derrida, J. (1972) *Marges de la philosophie*. Paris: Éditions de Minuit.
- Eliade, M. (1951) *Le mythe de l'éternel retour. Archétypes et répétitions*. Paris: Gallimard.
- Fontanille, J. (2005). "Temps et discours. Pour une sémiotique des "figures" et des "régimes" temporels". En Guillemette, L. y Hébert, L. (dirs.) (2005). *Signes des temps*. Saint-Nicolas (Québec): Les presses de l'Université Laval.
- Jameson, F. (1972). *The Prison-house of Language: A Critical Account of Structuralism and Russian Formalism*. Princeton: Princeton University Press
- Newton, I. (1982). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Editora nacional.
- Nietzsche, F. (1996). *Humano, demasiado humano*. Madrid: Akal.
- Nietzsche, F. (1997). *Así habló Zaratustra*. Madrid: Alianza.
- Nietzsche, F. (2008). *Fragmentos póstumos. Volumen II (1875-1882)*. Madrid: Tecnos.
- Saussure, F. (1995). *Cours de linguistique générale*. Paris: Payot.
- Yourgrau, P. (2007). *Un mundo sin tiempo. El legado olvidado de Gödel y Einstein*. Barcelona: Tusquets.
- Zilberberg, C. (2005). "Du récit au discours". En Guillemette, L. y Hébert, L. (dirs.) (2005). *Signes des temps*. Saint-Nicolas (Québec): Les presses de l'Université Laval.